WORLD

Fisheries and Oceans | Pêches et Océans

Canada

Red Tides

Jennifer Martin

Department of Fisheries and Oceans
Biological Station
St. Andrews, New Brunswick E0G 2X0

"And Moses and Aaron did so, as the Lord commanded; and he lifted up the rod, and smote the waters that were in the river, in the sight of Pharaoh, and in the sight of his servants; and all the waters that were in the river were turned to blood.
And the fish that were in the river died; and the river stank, and the Egyptians could not drink of the water of the river; and there was blood throughout all the land of Egypt."

Exodus 7: 20-21

The verses quoted above from the Old Testament indicate that red tides have been in existence for a long time. This passage may be one of the earliest recorded instances of a red tide. Red tides are also recorded in place names. The Red Sea received its name because of the red tides which occur there, and the Gulf of California was once named the Vermilion Sea. From these and other examples, we can assume that red tides have been in widespread existence since historic times. In fact, they must have been present for hundreds of millions of years from the time the causative microorganisms appeared in the oceans.

Although a more comprehensive description of a red tide will be covered in another section, basically, a red tide occurs when there are sufficient numbers of cells of any microscopic algae in the water to cause a discoloration. They can vary in color from almost transparent, through pale yellow and green, to amber and bright red. Often, there are red-water occurrences that have no obvious harmful consequences. These are usually not reported, so the literature gives a biased idea of the harmful events and effects of red tides. The use of the term "red tide" tends to focus mainly on blooms of algae that may have harmful, dramatic or severe consequences. However, in most instances, a water discoloration does not always accompany a toxic outbreak. These outbreaks may be associated with mass mortalities of different marine animals (such as shellfish, finfish, mammals) or contamination of shellfish with potent neurotoxins which can be fatal to humans and other consumers of shellfish.

The economic impact of red tides can be significant and far reaching, with losses of fish and shellfish resources, shellfish harvesting restrictions, consumer wariness (largely unfounded) of all seafood products, and declines in tourism. In Japan, frequent and devastating red tides are a major problem for coastal fisheries and the country's economy. Millions of dollars have been lost annually for decades on Canada's Atlantic and Pacific coasts from closures of shellfish harvesting areas as a result of the red-tide toxins. During late 1987, a new red-tide toxin was discovered in cultured blue mussels from eastern Prince Edward Island. As a result of this episode, loss to the shellfish industry for all of Atlantic Canada was in excess of a million dollars. In fact, the publicity of the adverse effects of red tides affected the sales of all seafood. Costly public awareness campaigns were required to restore consumer confidence in the industry. Mussel sales for Atlantic Canada are today finally back up to levels they were at prior to the crisis. As a result of stringent monitoring and inspection programs, one can be sure that today Canada's shellfish are among the safest in the world.

Fish and shellfish are among those that can fare poorly during red-tide events. For example, in the summer of 1985, massive shellfish mortalities occurred off the coasts of Rhode Island and New York when they were unable to feed as a result of a dense red tide. The organism also blocked sunlight, destroying eelgrass beds, an important habitat for shellfish. In 1988, another serious red tide occurred on the Scandanavian coast, killing 600 tons of farmed fish in Norway. Losses were minimized due to prompt action of fish farmers in having cages towed to "clean" waters. The loss to the industry as a whole was minimal, since the mortalities were less than 1% of their projected output.

Humans can also be severely affected. For example, in 1987 a severe outbreak of a red-tide organism in Guatemala contaminated shellfish, resulting in severe poisoning in 187 persons with 26 deaths. Therefore, red tides are important to fisheries as well as public health.

The following gives some information on where red tides are found, what makes them occur, how they kill and contaminate animals and shellfish, how they seem to be becoming more of a problem and what is being done about them.

Where Are Red Tides Found?

Red tides, whether they are harmful or not, have been found throughout the world. Scientific studies indicate a global increase in occurrence and geographic extent of harmful red tides. Prior to 1980, harmful incidents had been recorded from Argentina, Brazil, Canada, Chile, England, Japan, the Netherlands, Norway, New Guinea, Peru, Scotland, Spain, United States and Venezuela. Since 1980, harmful red tides have become more widespread, with harmful effects now observed almost worldwide. Recent additions to the former list include: Europe (Ireland, France, Sweden, Denmark, Romania, Italy, U.S.S.R.), Asia (Thailand, Hong Kong, the Phillipines, India, Guatemala), Australia and New Zealand. Some of this increase can be attributed to increased awareness resulting from more scientists working in this particular field of research and also availability of better analytical methods for those detecting and analyzing red tides. Additionally, aquaculture is, in many locations, a new industry and has resulted in increased concern and monitoring of adjacent waters for potential threats and/or nutrient enrichment which could promote red tides. There is, however, evidence that particular red tides

are spreading hundreds of kilometers. These are thought to be moved within an area by winds, currents or storms, or they may be carried long distances such as across oceans in ships' ballast or by some other means.

What Are Red Tides?

A general idea of what occurs in the aquatic food chain may help in the understanding of red tides. There are single-cell plants (known as algae) located in all the water systems throughout the world. These minute aquatic plants capture and use energy from sunlight, as do land plants. The growth of these aquatic algae is one of the most important processes on earth, because it serves as the first step in the system of energy transfer through aquatic food webs. All aquatic animals in both fresh and saltwater require these small plants to maintain their existence.

These microscopic algae, which occur in a vast variety, generally go through yearly cycles of rapid growth and decay. The growth period is characterized by a burst of growth and multiplication for two or three weeks, during which time each single plant may have multiplied into millions of its kind. This phenomenon is called blooming, and it goes on season after season in surface waters all over the world. Which particular microscopic plants grow in any given water body depends upon a number of factors, the major ones being temperature, salinity, light intensity, and nutrient level. Thousands of different species of microalgae exist, periodically blooming and decaying. They are the initiators of the food chain.

In certain instances hydrographic and meteorological events cause the microalgae in a bloom covering a wide area to be concentrated into one or several smaller areas so that very dense accumulations of the organisms occur, with up to millions of algal cells per litre. In such large numbers, the algae discolor the water. The color is due to pigments within the algae which are used for trapping sunlight. Different algae have different pigments, thus different colors. Therefore, depending upon the specific algae involved, discoloration of the water may tend to shades of red, pink, violet, orange, yellow, blue, green or brown. However, many of the discolorations due to algae in marine waters are red, hence the origin of the terms "red tide" or "red water." The terms are now associated with the phenomenon itself, so the color of a "red tide" is not necessarily red, but may be any other color. The phenomenon in fresh water is not referred to as a "red tide," but as a "water bloom."

How Do Red Tides Occur?

What causes algae in one location to form a red tide? A combination of biological, hydrographic and meteorological processes explains how this occurs. Most red-tide algae are either free floating or are positively phototactic, which means they actively swim towards light (small whip-like tails enabling them to do this). Once at the surface, the organisms can be concentrated into areas where the water is "downwelling" or sinking. This occurs where two water masses meet, or where thermal or wind-driven convection patterns (windrows) exist. In short, the water is moving downwards while the organisms are floating or swimming upwards. This is the mechanism by which tremendous numbers of algae from a large area can be accumulated into one spot. Of course, water currents play an important role in transporting algae to these potential red-tide areas and in supplying the nutrients required to maintain growth of the algae. Depending upon continuation of the proper hydrographic condition and upon a supply of nutrients, a red tide may persist in one location for a week or two, often causing extensive mortalities of marine animals, especially fish and shellfish, and sometimes contaminating shellfish to the extent that the lives of those organisms eating the shellfish are endangered.

How Do Red Tides Kill Marine Animals?

Although the "blooming" or "swarming" of algae and the production of red tides does not always result in mortalities, when mortalities do occur, it may be as a result of a number of mechanisms. One involves oxygen depletion where almost any type of algae forms an intense bloom and causes oxygen levels to become undetectable in the affected area. Fish mortalities can occur where algae in such blooms die in restricted waters such as shallow bays. Under normal conditions, algae give off more oxygen during the day (through a process called photosynthesis) than they use during growth or while reproducing. A lack of nutrients or unfavorable conditions of light, salinity or temperature usually produced in stagnant waters can cause the red-tide organisms to die, resulting in a mass of decaying cells. Bacteria in the water grow rapidly on these decaying cells, resulting in removal of all the oxygen from the affected waters and, since few animals can exist in the absence of oxygen, those trapped soon die and add to the decaying matter. The water sometimes feels greasy. Such an incidence occurred in the northeast part of Hong Kong in 1988, where an algal bloom collapsed, depleting the oxygen supply and causing mortalities of shellfish and killing 35 tonnes of fish.

Extensive numbers of algal cells can also be responsible for mortalities with no ill effects to themselves. In parts of the northeastern United States, in 1985, an important new happening among red tide events occurred when the "brown tide" *(Aureococcus anophagefferens)* bloomed. The tiny algae bloomed so densely that shellfish either stopped filtering or provided little food source, resulting in their starvation and death. The blooms were dense enough that they blocked sunlight and therefore destroyed eelgrass beds, an important habitat for shellfish and other marine organisms. This tiny algae has bloomed each year since 1985 along the Long Island area, affecting multi-million dollar scallop and blue mussel industries.

Another mode of suffocation for fish in cage culture operations (such as salmon and trout) that has been attributed to red tides has been a "clogging of the gills." In France, during 1987, rainbow trout were found dead. Red-tide organisms were found trapped in the gills, causing irrita-

tion and mucus secretions, and a lowering of the rate for oxygen exchange. Caged salmon on the coast of British Columbia have also suffered mortalities due to this effect. In this case, the red-tide organism responsible, *Chaetoceros convolutus*, has bullet-shaped cells with spines extending from their corners that can break off in the fish gills and penetrate the membranes. The cause of death is due to either capillary hemorrage or to suffocation from an oversecretion of mucus.

Another interesting phenomenon occurred in southeastern Australia during 1987. It has been suggested that a red tide was responsible when mussels, scallops and oysters developed a bitter taste so unpleasant and persistent that they were unable to market the shellfish for 7 months (long after the disappearance of the red tide). After the 7 months, the shellfish became diseased and died.

Mortalities in marine animals can also be related to toxins produced by many red-tide algae. Although little is known about how or why these algae make toxins, the toxins produced are among the most potent natural poisons in the world. Different algae produce different toxins. Some may cause mortalities in marine animals by direct consumption of the red-tide organism through feeding, or death may be more indirect where toxins are transferred through the food chain. In other words, the toxins are produced by the algae, toxins are concentrated by grazers (which are not killed by them) and illness or death results in animals feeding on the grazers. An incident of this kind may have occurred in late November 1987, where 14 humpback whales died in Cape Cod Bay after eating mackerel that contained a toxin produced by a red tide (*Alexandrium* sp.) responsible for paralytic shellfish poisoning in humans. A similar situation occurred in the Bay of Fundy in eastern Canada in 1976 and 1979, when hundreds of tons of Atlantic herring died as a result of feeding on organisms that had in turn fed on the red-tide organisms that produce paralytic shellfish toxins. Other fish are also sensitive to the toxins (i.e. salmon, cod, pollock, flounder, etc.), raising the possibility that other fish may be killed during *Alexandrium* blooms. In 1984, 27 of 35 tonnes of rainbow trout and Atlantic salmon from aquaculture operations died in the Faroe Islands as a result of PSP. Fish, however, only accumulate the toxins in their digestive or gastrointestinal tract and not in their muscles or meats, thus not affecting their market ability as long as they are "gutted."

Florida's west coast is well known for its frequent red tides, some of which result in extensive fish kills. The organism responsible *(Ptychodiscus brevis)* produces a toxin thought to affect fish through the gills. Since these organisms are very fragile, they break or lyse as they pass over the gill filaments. This allows the toxin produced to be efficiently absorbed into the bloodstream. The toxin bursts the red blood cells that the fish require for oxygen uptake. Aquatic organisms other than fish can also be affected as was discussed during a recent much publicized occurrence in the spring of 1989. An article in the *St. Petersburg Times* (Apr. 14, 1989) recounts:

> "Mantanee and Pinellas beaches were mostly clear of dead fish Thursday as an outbreak of Red Tide seemed to subside... While beaches are looking better, the situation is bad at the Suncoast Seabird Sanctuary Inc., where scores of sick birds (cormorants) — apparently poisoned after eating Red Tide-tainted fish — are being brought in... The birds appear drunk... they can't balance at all, their equilibrium is totally off, they thrash around."

The Florida red-tide organism also produces an irritating "gas." Water from the red tide becomes an aerosol as a result of wind-produced surf. When the winds blow the odorless spray ashore, humans experience stinging eyes and nostrils, a burning throat and severe coughing symptoms of colds. These effects are, however, only temporary and only occur if there is a wind. This particular red tide affected the tourist industry, as mentioned in the *St. Petersburg Times* on Apr. 11, 1989:

> "... several beachgoers came to the emergency room complaining of respiratory irritation. Red Tide has been dumping dead fish on Florida beaches since at least 1844, but back then it wasn't such a big deal... Now thousands of people live and vacation on the beaches, and stinking fish aren't attractive."

How Do Red Tides Contaminate Shellfish and Affect Human Consumers?

Red-tide organisms are an important food source for many filter-feeding shellfish. In many cases, the shellfish accumulate toxins from the organisms and store them in their tissues. Although the shellfish themselves show little effect from these toxins, illness or death can occur in vertebrate or human consumers of the shellfish. There is no visual method for examination of the shellfish — either external or internal — to separate toxic from non-toxic individuals. The toxins, however, do not concentrate in the meats or muscles of scallops, making the meats continually toxin free. Since this is the only portion of the scallop harvested in most regions in Canada, there is no public health risk involved.

The most common of the toxic syndromes are Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) and Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP). More recently, or since late 1987, Amnesic Shellfish Poisoning (ASP) has become a problem in eastern Canada.

Paralytic Shellfish Poisoning:

The first report of PSP in Canada was from the diary of the naturalist and surgeon from Captain George Vancouver's expedition to the Pacific northeast. Three members of the expedition were exploring British Columbia's coast and were presumed to have eaten blue mussels. Typical symptoms of PSP are described in Mr. Menzies' diary on June 17, 1793:

> "Near the head of this arm they stopped to breakfast on the morning of the 15th where the people finding some good looking mussels about the rocks and shores, boiled a quantity of them...but unfortunately for them... these mussels proved to be of a deleterious quality as all those who had ate of them in any quantity were, soon after they embarked, seized with sickness, numbness about the mouth, face and arms, which soon spread over the whole body accompanied with giddiness and general lassitude; this was the case with three of the crew of the Discovery's boat...One of them, John Carter, puked a great deal, and found himself so much relieved by it that he kept pulling on his oar till about one o'clock when the whole party stopped to dine; but in attempting to get out of the boat he was so weak and giddy that he fell down and he and the other two were obliged to be carried to shore. On this, Mr. Johnstone instantly directed a fire to be kindled and plenty of warm water to be got ready as soon as possible, that each of them might drink a sufficient quantity of it to operate as an emetic...but, before it could be got ready, John Carter became very ill...his pulse becoming weaker and weaker, his mouth and lips appearing black and his face and neck becoming much swelled together with faintness, general numbness and tremor. Under these circumstances he gradually sank without much struggle and expired just as soon as they were offering him the first draught of warm water which he was unable to swallow, and this sad affair happened within five hours from the time of his eating the mussels."

FIG. 1. A drawing of an organism responsible for paralytic shellfish poisoning in Atlantic Canada, *Alexandrium fundyense* (illustration by D. Beatty).

Ingestion of shellfish contaminated with PSP toxins results in disruption of nerve function and paralysis (and hence the name "paralytic shellfish poisoning"). Death usually occurs as a result of asphyxiation or respiratory paralysis. This action is fairly fast and there is no antidote for the present. In extreme cases, just eating several clams or mussels have been fatal to humans. Interestingly, the nerve cells in marine shellfish are not sensitive to the toxins.

The marine red-tide organisms that have been found to produce PSP toxins in Canada are the *Alexandrium* species (Fig. 1) (*Alexandrium* is now the accepted name for those harmful algae previously referred to as *Gonyaulax/Protogonyaulax/Alexandrium* and *Gessnerium*). PSP toxins are wide spread and found in a number of areas throughout the world. The organisms responsible on the Pacific coast of Canada are *Alexandrium catenella* and *A. acatenella*, whereas on the Atlantic coast, its relatives *A. tamarense* and *A. fundyense* are responsible. Occurrences in Canada have been widespread, with occurrences on the Pacific coast along the entire coast of British Columbia (Fig. 2) and on the Atlantic coast (Fig. 2) in the St. Lawrence River estuary, the Gulf of St. Lawrence, Chaleur Bay, the Bay of Fundy and isolated areas in Newfoundland. Although the water seldom actually becomes discolored, these organisms usually bloom annually along both coasts of Canada, causing many areas to be closed to the harvesting of shellfish. *Alexandrium* blooms in British Columbia have remained the same in intensity in recent years, whereas on the Atlantic coast, there have been outbreaks in shellfish toxicity in new areas — such as Newfoundland, southwestern Nova Scotia and the Gulf of St. Lawrence. Also, since 1980, some shellfish harvesting areas in the Bay of Fundy, previously closed seasonally, have remained closed year round as a result of unacceptable levels of toxins in shellfish tissues.

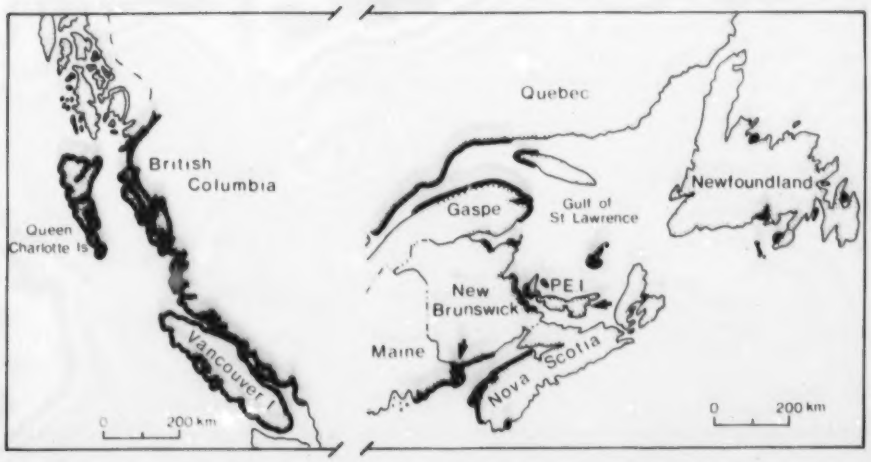


FIG. 2. The locations along Canada's Atlantic and Pacific coasts where shellfish are known to accumulate toxins from red tides. Darkened locations show areas affected by paralytic shellfish toxins. Shellfish areas designated by arrows on the Atlantic coast have been affected by domoic acid.

Diarrhetic Shellfish Poisoning:

Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) is a recently described intoxication which involves human consumption of shellfish containing DSP toxins. These may be produced by one of several species of the red-tide organism, *Dinophysis* sp. (Fig. 3). There is no record of the water ever being discolored by this organism. The majority of DSP problems have been reported in Japan and Europe; however, the organisms are very much cosmopolitan so that as the knowledge of DSP broadens, the reported incidences may also grow. Many countries — including Canada, Chile, Denmark, France, Ireland, Japan, the Netherlands, New Zealand, Norway, Spain, Sweden, Thailand and the United States — now either are conducting scientific studies or are monitoring in response to either confirmed or suspected DSP illness episodes.

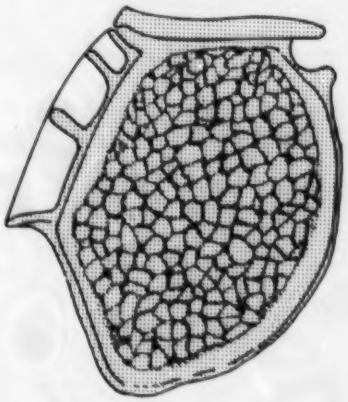


FIG. 3. One of the organisms responsible for diarrhetic shellfish poisoning, *Dinophysis* sp.

The main symptom of DSP is reflected in the name. As well as mild to severe diarrhea, many suffer from nausea and vomiting, abdominal pain and cramps and may be accompanied by chills. To date, there have been no records of mortality as a result of consuming shellfish containing DSP toxins. Recovery is usually by the third day.

Amnesic Shellfish Poisoning:

Prior to late 1987, the concern of monitoring agencies in Canada was for the red-tide organism producing toxins that can cause paralytic shellfish poisoning. The southern Gulf of St. Lawrence, including Prince Edward Island, had no previous documented incidences of shellfish accumulating toxins in their tissues. It was thought to be an ideal location for the culture of bivalves. This changed in November and December of 1987 when mussels in several estuaries became toxic following an intense bloom of a microalgae not previously known to produce a toxin. Approximately 150 poisonings were confirmed and 3 people died from a new toxin not previously known in shellfish.

FIG. 4. A sketch of one of the organisms, *Nitzschia pungens* forma. *multiseriata* known to produce domoic acid in eastern Prince Edward Island.

Symptoms of the Amnesic Shellfish Poisoning (ASP) included gastric (within 24 hours) and neurological signs such as dizziness, disorientation and memory loss (within 48 hours). Several months later, some of those over 40 years old that had been affected still showed neurological symptoms and short-term memory loss. The toxin responsible for this poisoning, domoic acid, binds to various areas in the brain which results in memory loss. Organisms from the southern Gulf of St. Lawrence found to produce domoic acid were both planktonic or floating (*Nitzschia pungens* forma. *multiseriata*) (Fig. 4) and benthic or bottom algae *(Amphora coffaeformis).* Domoic acid was also found in soft-shell clams and blue mussels during 1988 in southern New Brunswick. The organism responsible in this case was a smaller and different species of *Nitzschia (Nitzschia pseudodelicatissima).*

How Are Shellfish Tested for Red-Tide Toxins?

Insuring a non-toxic supply of shellfish to consumers is the responsibility primarily of regulatory (usually governmental) agencies and, to a lesser degree, the harvesters and processors. The danger of PSP, DSP and ASP to public health and industry has necessitated the establishment of shellfish surveillance programs in countries with problems where shellfish accumulate toxins from red-tide organisms in the marine environment. Monitoring programs rely on the availability of rapid and accurate ways of measuring levels of various toxins in the shellfish tissues. Canada's shellfish toxicity monitoring program has been in existence since 1943 and is considered to be one of the best in the world. Similar programs have been initiated by other countries. Shellfish are sampled regularly from selected sites on Canada's east and west coasts, although sampling on the Pacific coast is the more difficult since many sampling points are far removed from centers of population. These sites have been selected on the basis of extensive monitoring and toxicity data from affected shellfish-producing areas. Fish inspection officers or other designated personnel from the Department of Fisheries and Oceans collect samples in all areas affected by marine toxins. Extracts are made from the collected shellfish at local or nearby federal Department of Fisheries and Oceans inspection laboratories and assays are conducted to determine if toxins are present. If toxicity results and it exceeds the limit for a particular toxin, affected areas are closed for harvesting (Fig. 5).

The only method currently approved by the World Health Organization for analysis of marine toxins is the mouse bioassay which involves injection of shellfish tissue extracts into mice and observation for symptoms of toxicity. The mouse bioassay gives a "total toxicity" value since it is not specific to any particular toxin and will indicate the presence of PSP, DSP, domoic acid or any other toxin in a sample. The mouse bioassay test can act as a warning that further investigation is needed. For example, the domoic acid story occurred in eastern Canada in late 1987. There had been no monitoring program in P.E.I. since there had been no previous record of toxic shellfish in that area. When a link was made between illnesses and toxic mussels, extracts from the shellfish were immediately run through the bioassays and, although the initial tests were negative for PSP, the mice did not behave normally and subsequently died. A public health warning was issued against eating mussels from that area. The Department of Fisheries and Oceans halted shipments of shellfish from registered processors and closed harvesting areas. Further tests indicated the toxin to be produced by red-tide organisms.

Although the mouse bioassay is useful and covers a broad spectrum, it does have several disadvantages. It can be very costly, requires the maintenance of large numbers of mice and is time consuming. As well, some European countries are in the process of banning the use of live animals for testing procedures. Newer analytical techniques are still in the experimental stages; however, they show promise as being faster, more sensitive and more accurate. Separation techniques such as High Performance Liquid Chromatography (HPLC) can separate the toxins, show their distributions and provide a greater understanding of the distribution in nature including the biochemistry and chemistry involved. Immunological tests are being developed in Japan and Canada for detection of DSP and PSP toxins in shellfish above the regulatory levels.

In conjunction with some of the shellfish monitoring programs in Canada, phytoplankton monitoring surveys are being conducted. At present, these are primarily research tools requiring highly trained personnel for the identification and enumeration of phytoplankton species. Phytoplankton monitoring can, in some cases, serve as an early warning indicator for some harmful blooms. These studies also establish baseline data in areas of salmonid aquaculture.

Fisheries and Oceans Pêches et Océans

Canada

DANGER

Area Closed

Shellfish (oysters, clams, mussels and other bivalve molluscs) in the area described below contain paralytic toxins and are not safe for use as food.

Area Description

_____

_____

_____

_____

_____

Fishing for or possessing shellfish in this area is prohibited by law and persons doing so are subject to prosecution under the Fisheries Act and Regulations.

BY ORDER

PERSONS DAMAGING SIGNS WILL BE PROSECUTED

Secteur fermé

Les mollusques (huîtres, clams, moules et autres mollusques bivalves) provenant du secteur décrit ci-après contiennent des toxines paralysantes et sont donc impropres à la consommation.

Description du secteur

_____

_____

_____

_____

_____

Il est interdit à toute personne de pêcher ou d'avoir en sa possession des mollusques provenant de ce secteur. Les contrevenants seront passibles de poursuites en vertu de la Loi sur les pêcheries et des Règlements y afférents.

PAR ORDRE

DES POURSUITES SERONT ENGAGÉES CONTRE LES PERSONNES QUI ENDOMMAGERONT LES AFFICHES

FIG. 5. A sign posted to notify the public of a shellfish area closure due to the shellfish containing toxins produced by red-tide organisms.

What is Being Done About Red Tides?

Red tides — harmful and non-harmful — have a long history and are a "fact of life" or a part of nature. However, there appears to be a global increase in the numbers of these events in recent years. Questions one might ask are: Is this increase real or the result of closer monitoring? If real, what are the causes of this increase? Is there increased coastal pollution and is this having an effect on algal blooms? These questions are not easily answered. Scientists are looking for possible explanations. Those involved in studying red tides are now better informed through international exchanges of scientific knowledge. They also have improved analytical capabilities for the detection of individual toxins. Studies are ongoing to determine whether red tides may be stimulated by coastal pollution and whether the use of inshore waters for shellfish and finfish farming causes a nutrient enrichment from feed and/or excretion products. Also, researchers are studying the theory that introducing an aquaculture operation could make an existing organism that may be harmful or toxic more noticeable. This may have been the case in the Gulf of St. Lawrence with the domoic acid incident and the mussel industry.

The spreading of red tides, however, cannot be blamed solely on man's changing of the coastal environment. Currents, tides or other major water movements certainly must play an important part in the dispersal of organisms. These transport mechanisms are also being explored. The occurrence of PSP in the Magdaleine Islands, northeastern New Brunswick and western Prince Edward Island in 1988, places with no previous recorded outbreaks, is indicative of the spreading. The organism may have been present for a long time at low concentrations but not with ideal conditions for blooming or cells may have been transported from the St. Lawrence estuary or other regions by water masses or other dispersal methods.

The possibility exists that cyst (or winter) stages or resistant microalgal spores (from red-tide algae) may be introduced to areas either through the ballast holds of large cargo ships or through shellfish stock transfer between regions. To minimize the transport of toxic or harmful algae from one region to another, most countries either have a ban on transferring shellfish stocks from one area to another or shellfish to be transported must be certified disease-free and waters and sediment from which they were collected must have been free of harmful or toxin-producing organisms. PSP was first noticed in southern Tasmania in 1980 and two human poisonings resulted in 1986. Spores have been found in sediments from ballast tanks of incoming Japanese ships to Tasmanian ports. As a first control measure, a law has been established forcing ships enroute to Tasmania to exchange the waters in their ballast tanks in mid-ocean.

Extensive surveillance programs are in existence throughout many countries to monitor both phytoplankton blooms and the uptake of toxins. These are continually being expanded and modified so as to ensure safe products to the consumer. When necessary, there are permanent closures of some shellfish areas to harvesting and temporary closures of other areas. Since 1980, in the Bay of Fundy, there have been several prime shellfish harvesting areas closed year round because of unacceptable PSP toxin levels. Studies have been undertaken to try and determine why these shellfish are not able to rid themselves of the toxins during non-bloom periods. The possibility that shellfish from these areas may be biologically different from other areas is being investigated.

Shellfish may remain toxic for varying lengths of time after exposure, depending on the organism, toxin load, area and time of year. A depuration or cleaning of the toxin from shellfish would enable them to be marketed (plants for depurating bacteria from shellfish have been in existence for a long time). Although depuration of PSP toxins will eventually occur in red-tide-free seawater, it takes too long to be economically feasible. By contrast, mussels containing domoic acid can rid themselves of toxins in a few days when held in clean water.

Research is continuing on the development of chemical and immunological assays for the measurement of toxins. An immunoassay test for PSP has been formulated and has potential for use as a rapid diagnostic method. Although it is costly and still in the experimental stages, the ultimate idea is simple and toxicities can be determined rapidly.

As previously mentioned, indications in recent years point toward a major expansion in red tides. The geographic extent, frequency, magnitude and the number of different organisms implicated tends to be growing throughout the world. Although research on red tides is ongoing at many laboratories the world over and much new information has been unravelled in the past few years, there is so much still to find out. Examples of studies being conducted include: causes for increased blooming, whether it is caused by coastal pollution or naturally occurring environmental phenomena; mechanisms for bloom formations; further studies on toxin uptake and effects in shellfish and other members of the food chain; remote sensing to follow bloom patterns, etc. Links are presently being investigated between bacteria and toxin production for some red-tide organisms. Long-term time series results from shellfish toxicities and phytoplankton blooms are proving essential to determine patterns or trends that may be used in modeling and predicting blooms such as in the Bay of Fundy. Records from these date to 1943, suggesting that the intensity of *Alexandrium* blooms and shellfish toxicities may be linked to an 18.6-year tidal cycle. Many countries are in the process of collecting data to establish similar data bases. Ships' ballast waters and other means of dispersal of organisms such as currents, frontal regions or movement of water masses are being explored. A greater knowledge is being sought for the mechanisms or effects of harmful red tides on both marine finfish and mammals since they both seem to be affected more in recent years. Scientists are now more concerned with studying all algal species since new organisms are being implicated as harmful that were not previously thought to be a threat, such as the recent *Chrysochromulina polylepis* bloom in Scandanavia, the "brown tide" in the United States and Amnesic Shellfish Poisoning in Canada. Other such unexpected consequences may occur.

Many parts of the world are suffering the consequences of red tides; many more scientists are working on the problems in recent years; however, the problem still exists and a remedy is not on the horizon as yet.

Further reading

Anderson, D. M., A. W. White, and D. G. Baden [ed.] 1985. *Toxic Dinoflagellates. Proceedings of the third international conference on toxic dinoflagellate.* Elsevier, New York, NY. 561 p.

Graneli, E., D. M. Anderson, L. Edler, and B. Sunström [ed.] 1990. *Toxic Marine Phytoplankton. Proceedings of the fourth international conference on toxic phytoplankton.* Elsevier, New York, NY.

LoCicero, V. R. [ed.] 1975. *Proceedings of the first international conference on toxic dinoflagellate blooms.* Massachusetts Science and Technology Foundation, Wakefield, MA., 541 p.

Okaichi, T., D. M. Anderson, and T. Nemoto [ed.]. 1989. *Red tides: biology, environmental science and toxicology.* Elsevier, New York, NY, 489 p.

Shumway, S. E. [ed.]. 1988. *Toxic algal blooms: hazards to shellfish and industry.* J. Shellfish Res. 7: 587–705.

Taylor, D. S., and H. H. Seliger. 1979. *Toxic dinoflagellate blooms. Proceedings of the second international conference on toxic dinoflagellate blooms.* Elsevier, North Holland, NY, 505 p.

Underwater World factsheets are brief illustrated accounts of fisheries resources and marine phenomena prepared for public information and education. They describe the life history, geographic distribution, utilization and population status of fish, shellfish and other living marine resources, and/or the nature, origin and impact of marine processes and phenomena.

Others in this series:

Alewife
American Eel
American Oyster
American Plaice
American Shad
American Smelt
Arctic Charr
Arctic Cod
Atlantic Cod
Atlantic Fishing Methods
Atlantic Groundfish
Atlantic Halibut
Atlantic Herring
Atlantic Mackerel
Atlantic Pelagic and Diadromous Fish
Atlantic Salmon
Atlantic Shellfish
Atlantic Snow Crab
Beluga
Bluefin Tuna
Bowhead Whale
Capelin
Cetaceans of Canada
Crabs of the Atlantic Coast of Canada
Dungeness Crab
Grey Seal
Haddock
Harp Seal
Irish Moss
Lake Trout
Lingcod
Lumpfish
Marine Fish Eggs and Larvae
Narwhal
Northern Shrimp
Pacific Salmon
Pollock
Redfish (Ocean Perch)
Red Hake
Red Sea Urchin
Rockfish
Roundnose Grenadier
Sand Lance
Sea Cucumber
Sealing - A Canadian Perspective
Sea Scallop
Selected Freshwater Fish
Selected Shrimps of British Columbia
Soft-Shell Clam
Spiny Dogfish
Squid
Thorny and Smooth Skates
Trout in Canada's Atlantic Provinces
Turbot (Greenland Halibut)
Walleye
White Hake
Winter Flounder
Witch Flounder
Yellowtail Flounder

Published by:

Communications Directorate
Department of Fisheries and Oceans
Ottawa, Ontario
K1A 0E6

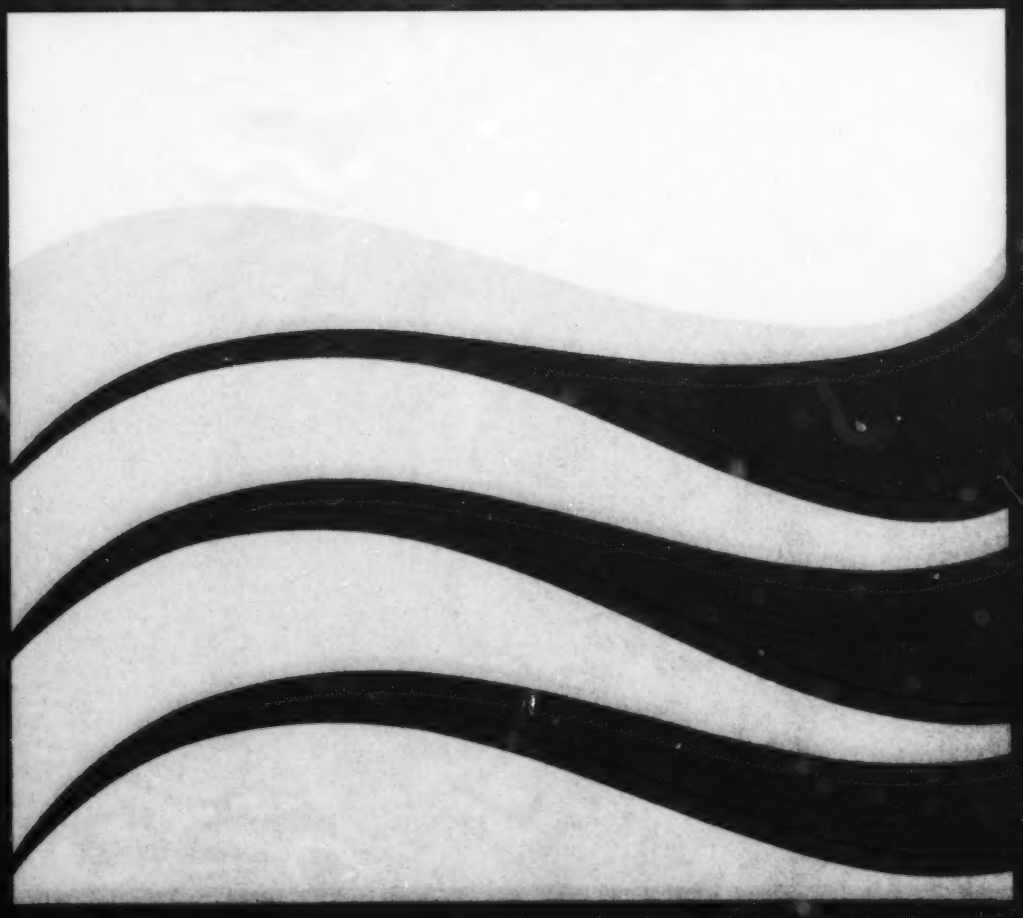
DFO/4331 UW/1

©Minister of Supply and Services
Canada 1990
Cat. No. Fs 41-33/1-1990E
ISBN 0-662-17368-6
Reprinted – 1994

Disponible en français

Excellence scientifique • Protection et conservation des ressources • Bénéfices aux Canadiens

MV SOUS-MARIN



Pêches et Océans
Fisheries and Oceans
Canada

Les eaux rouges

Jennifer Martin

Ministère des Pêches et des Océans
Station biologique de St. Andrews
St. Andrews (Nouveau-Brunswick) E0G 2X0

«Moïse et Aaron obéirent à l'ordre du Seigneur. Sous les yeux du pharaon et de ses gens, Aaron leva son bâton et frappa l'eau du Nil, qui se changea tout en sang. Les poissons du Nil moururent, le fleuve devint si infect que les Égyptiens n'en pouvaient plus boire. Dans toute l'Égypte il y eu du sang.»

Exodus 7,20-21

Les versets de l'Ancien Testament cités ci-dessus révèlent que le phénomène des eaux rouges existe depuis longtemps. Ce passage représente peut-être bien l'un des premiers comptes rendus de l'apparition des eaux rouges. Elles sont aussi à l'origine de certains noms géographiques. La mer Rouge a ainsi été appelée à cause de l'apparition de ce phénomène dans cette région du monde et le golfe de Californie était autrefois connu comme la mer Vermillon. On peut donc déduire d'après ces exemples que les eaux rouges étaient universellement répandues même à l'ancienne époque. De fait, elles existent probablement depuis l'apparition dans le milieu océanique, il y a des centaines de millions d'années, des microorganismes qui en sont la cause.

On retrouvera plus loin une description détaillée des eaux rouges. Mentionnons toutefois qu'elles sont le résultat d'une quantité prodigieuse de cellules d'algues microscopiques qui entraîne une coloration de l'eau. La couleur de ces cellules algales peut varier du presque transparent à l'ambre et au rouge vif en passant par le jaune pâle et le vert. L'apparition des eaux rouges n'a souvent pas de conséquences négatives évidentes. Comme elles ne sont généralement pas signalées, les ouvrages publiés donnent un aperçu biaisé des incidences négatives des eaux rouges. La désignation «eaux rouges» concerne surtout les poussées épidémiques d'algues qui ont des effets graves et spectaculaires. Toutefois, dans plusieurs cas, une telle pullulation d'algues n'entraîne pas toujours une coloration de l'eau. Ce phénomène est souvent la cause de vagues de mortalité de toutes sortes d'animaux marins (comme les mollusques, crustacés, poissons, mammifères) ainsi que de la contamination de mollusques par des neurotoxines, poisons qui peuvent être mortels pour les humains et les autres animaux qui se nourrissent de mollusques.

Les eaux rouges ont des incidences économiques graves et étendues : destruction de la ressource en poissons, en mollusques et en crustacés, restrictions imposées sur la récolte de mollusques, attitude réservée des consommateurs à l'égard de tous les produits de la mer (bien que cela soit peu fondé) et déclin du tourisme. Au Japon, la fréquence et l'ampleur des eaux rouges constituent un problème majeur pour les pêches côtières dont dépend l'économie du pays. Sur les côtes de l'est et de l'ouest du Canada, la fermeture des zones de récolte des mollusques à cause du danger que présente la toxine apportée par les eaux rouges cause une perte annuelle de plusieurs millions de dollars. Vers la fin de 1987, on a découvert chez la moule bleue cultivée de l'est de l'Île-du-Prince-Édouard une nouvelle toxine élaborée par des algues responsables des eaux rouges. Cet incident a entraîné une perte de plus d'un million de dollars pour l'industrie coquillière de la région de l'Atlantique. De fait, la publicité entourant les effets néfastes de la marée rouge a touché la vente de tous les produits de la mer. Des campagnes de sensibilisation du grand public ont été essentielles pour rétablir la confiance des consommateurs fortement et rapidement ébranlée. Aujourd'hui, la vente de moules provenant des eaux de l'Atlantique s'est rétablie pour atteindre un niveau semblable à celui observé avant l'apparition des eaux rouges. L'application rigoureuse de programmes de surveillance et d'inspection garantit que les mollusques récoltés dans les eaux canadiennes s'inscrivent parmi les plus salubres à l'échelle mondiale.

Les poissons et les mollusques comptent parmi les animaux qui sont les plus touchés par les eaux rouges. Par exemple, au cours de l'été de 1985, les eaux rouges qui ont frappé les côtes des États du Rhode Island et de New York ont provoqué des hécatombes de mollusques qui, à cause de la densité des algues, ne pouvaient s'alimenter. L'obstruction de la lumière solaire a entraîné la destruction des bancs de zostères marines qui constituent un important habitat pour les mollusques et les crustacés. En 1988, une autre importante marée rouge observée sur la côte scandinave a provoqué la mort de 600 tonnes de poissons d'élevage en Norvège. La réaction prompte des pisciculteurs qui ont remorqué leurs cages vers des eaux propres a minimisé les pertes. Dans l'ensemble, l'industrie a été peu touchée étant donné que le taux de mortalité s'élevait à moins de 1 % de la production visée.

Les êtres humains peuvent eux aussi être gravement affectés. Ainsi, en 1987, une flambée épidémique d'algues à l'origine des eaux rouges dans les eaux du Guatémala a empoisonné des mollusques et rendu malades 187 personnes, dont 26 sont mortes. Les eaux rouges sont donc importantes autant pour les ressources halieutiques que la santé humaine.

On retrouvera dans les paragraphes qui suivent des données sur l'emplacement géographique des eaux rouges, ses causes, la façon dont elles contaminent et tuent les animaux et les mollusques, leur apparition plus régulière et les moyens de les combattre.

Où apparaissent les eaux rouges?

Les eaux rouges, qu'elles soient nocives ou non, ont été signalées dans toutes les parties du globe. Les résultats d'études scientifiques révèlent leur apparition de plus en plus fréquente sur une plus grande échelle géographique. Avant 1980, ce phénomène a été noté en Argentine, au Brésil, au Canada, au Chili, en Angleterre, au Japon, aux Pays-Bas, en Norvège, en Nouvelle-Guinée, au

Pérou, en Écosse, en Espagne, aux États-Unis et au Vénézuela. Depuis 1980, les eaux rouges se manifestent souvent et leurs incidences nocives sont observées dans presque toutes les eaux mondiales. À la liste précédente viennent s'ajouter les pays suivants: Europe (Irlande, France, Suède, Danemark, Roumanie, Italie, U.R.S.S.), Asie (Thaïlande, Hong Kong, Phillipines, Inde, Guatémala), Australie et Nouvelle-Zélande. Une certaine partie de ces nouvelles mentions peut être imputée au fait qu'un plus grand nombre de scientifiques mènent des travaux de recherche dans ce domaine particulier et que de meilleures méthodes analytiques sont disponibles pour la détection et l'analyse des eaux rouges. À de nombreux endroits, l'industrie aquicole naissante a stimulé l'intérêt pour la qualité des eaux adjacentes qui font l'objet d'une surveillance afin de déceler la présence de menaces potentielles ou l'enrichissement nutritif précurseur des eaux rouges. Il semble toutefois que certaines marées rouges se répandent sur des centaines de kilomètres. On croit qu'à l'intérieur d'un secteur, les vents, les courants et les tempêtes disséminent les algues responsables et qu'elles sont transportées sur de longues distances dans les eaux de lest de navires transocéaniques ou par d'autres moyens.

Qu'appelle-t-on «eaux rouges»?

Pour comprendre ce que sont les eaux rouges, il est bon de résumer la structure de la chaîne alimentaire du milieu aquatique. Les couches superficielles des masses d'eau du monde contiennent une variété d'algues unicellulaires. Ces minuscules plantes aquatiques captent et utilisent l'énergie solaire, tout comme les plantes terrestres. La croissance de ces algues est l'une des étapes du système de transfert d'énergie, formé par les chaînes alimentaires aquatiques. Tous les animaux qui vivent en eau douce ou salée tirent donc leur subsistance de ces plantes microscopiques.

Les algues, dont la variété est très grande, passent habituellement par des cycles annuels de croissance rapide et de décomposition. La période de croissance est caractérisée par une phase accélérée de multiplication, durant deux ou trois semaines, pendant laquelle chaque plante peut donner naissance à des millions d'autres. Ce phénomène de pullulation se reproduit d'une saison à l'autre, dans les eaux superficielles du monde entier. La variété des espèces de plantes microscopiques, présentes dans une masse d'eau donnée, dépend d'un certain nombre de facteurs dont les principaux sont la température, la salinité, l'éclairement et la teneur en matières nutritives. Les milliers d'espèces différentes d'algues microscopiques, qui se multiplient et se décomposent périodiquement, constituent les fondements de la chaîne alimentaire.

Dans certains cas, des événements d'ordre hydrographique et météorologique rassemblent les algues microscopiques, qui se multipliaient de façon éparse, et les concentrent sur une ou plusieurs zones de faible superficie où ces organismes s'accumulent pour atteindre une très forte densité, de l'ordre de plusieurs millions de cellules d'algues par litre. À une telle concentration, les algues colorent l'eau. La couleur provient des pigments dont l'algue se sert pour capter la lumière. Les pigments sont différents d'une algue à l'autre, aussi la couleur varie-t-elle. Selon l'espèce d'algue présente, l'eau peut se colorer de diverses nuances de rouge, de rose, de violet, d'orange, de jaune, de bleu, de vert ou de brun. Toutefois, c'est le rouge qui prédomine dans les algues marines, aussi le phénomène est-il appelé «eaux rouges», bien que la couleur des eaux puisse varier. En eau douce, on parle plutôt de «fleur d'eau».

Quelle est la cause de l'apparition des eaux rouges?

Quel facteur provoque, en un point, l'apparition des eaux rouges? Une coïncidence de processus biologiques, hydrographiques et météorologiques explique ce phénomène. La plupart des algues en question flottent librement ou présentent un phototactisme positif, ce qui signifie qu'elles se déplacent en direction de la lumière à l'aide de flagelles, petits filaments en forme de fouet. Une fois à la surface, les organismes peuvent se rassembler dans des zones de plongée des eaux. C'est le cas lorsque deux masses d'eau se rencontrent, ou que sont présents des courants de convection thermique ou éolienne. Pour résumer, l'eau se déplace alors vers le bas tandis que les algues flottent ou nagent vers le haut. C'est par ce mécanisme que des quantités énormes d'algues, provenant d'une vaste zone, peuvent s'accumuler en un point. Bien sûr, les courants jouent aussi un rôle important puisqu'ils transportent les algues jusqu'aux régions propices à la formation d'eaux rouges et qu'ils apportent des matières nutritives nécessaires pour assurer la croissance de ces algues. Si les conditions hydrographiques se maintiennent et si l'apport de matière nutritive est suffisant, les eaux rouges peuvent persister en un point pendant une semaine ou deux, ce qui cause souvent des hécatombes parmi les animaux marins, notamment les poissons et les mollusques, qui en sont parfois contaminés au point de mettre en danger la vie des organismes qui s'en nourrissent.

Comment les eaux rouges peuvent-elles tuer les animaux marins?

La prolifération des algues et l'apparition d'eaux rouges n'entraînent pas toujours des vagues de mortalité. Celles-ci, quand elles surviennent, sont dues à divers facteurs. Le premier est la baisse de la teneur en oxygène qui se produit lorsque n'importe quelle variété d'algue est l'objet d'une efflorescence intense qui amène un appauvrissement en oxygène de la zone touchée. Des hécatombes de poissons peuvent survenir dans les eaux à circulation restreinte, comme les baies peu profondes, quand les masses d'algues meurent. Dans des conditions normales, les algues libèrent plus d'oxygène pendant la journée (par le processus de photosynthèse) qu'elles n'en utilisent pour la reproduction ou la croissance. Le manque de matières nutritives ou les modifications de l'éclairement, de la température ou de la salinité généralement présentes dans les eaux stagnantes peuvent provoquer la

mort simultanée de l'entière population d'organismes qui causent les eaux rouges. Les bactéries présentes dans l'eau s'attaquent rapidement à cette masse de cellules en décomposition pour amener l'épuisement de l'oxygène dissous dans l'eau. Étant donné que peu d'animaux peuvent survivre en l'absence d'oxygène, ceux qui ne peuvent échapper au danger meurent peu après et leurs carcasses viennent s'ajouter à la matière en décomposition. L'eau est parfois huileuse au toucher. Un tel phénomène a été observé en 1988 dans le secteur nord-est de Hong Kong où une efflorescence de phytoplancton a vu une mort rapide qui a amené un appauvrissement en oxygène et des vagues de mortalité des mollusques et des poissons dont les pertes se chiffraient à 35 tonnes.

Ces grandes concentrations d'algues peuvent aussi causer des hécatombes sans conséquence pour elles-mêmes. En 1985, certains secteurs du nord-est des États-Unis ont été les premiers à subir les conséquences de la «marée brune». La prolifération de la minuscule algue responsable, *Aureococcus anophagefferens*, était telle que les mollusques ont cessé toute activité de filtration de l'eau pour en retirer des matières nutritives pour finalement mourir de faim. Les efflorescences de phytoplancton étaient tellement denses qu'elles bloquaient la pénétration de la lumière solaire; il en est résulté la destruction des bancs de zostères, important habitat des mollusques, des crustacés et d'autres organismes marins. Depuis 1985, cette minuscule algue a proliféré chaque année dans le secteur de Long Island où les industries du pétoncle et de la moule bleue qui valent plusieurs millions de dollars ont été fortement touchées.

On pense que les marées rouges sont aussi responsables de la suffocation, par encrassement des branchies, des poissons élevés en cage comme le saumon et la truite. On a ainsi décelé en 1987 des organismes responsables des eaux rouges fixés dans les branchies de truite arc-en-ciel des eaux françaises; l'irritation des branchies et la sécrétion de mucus a entraîné une chute du taux d'échange d'oxygène. Des saumons gardés en cage dans les eaux côtières de la Colombie-Britannique ont aussi subi le même sort. L'organisme responsable dans ce cas, *Chaetoceros convolutus*, possède des cellules fuselées munies d'épines projetant des extrémités qui se brisent dans les branchies du poisson et pénètrent les membranes. La mort est due soit à une hémorragie capillaire ou à la suffocation causée par une sécrétion abondante de mucus.

Un autre intéressant phénomène s'est produit en 1987 dans le sud-est de l'Australie. On a formulé l'hypothèse qu'une marée rouge était responsable lorsque des moules, des pétoncles et des huîtres ont développé un goût amer tellement déplaisant et persistant qu'il a été impossible de les commercialiser pendant sept mois, bien longtemps après la disparition de la marée rouge. Après sept mois, les mollusques sont devenus malades et sont morts.

La mort d'animaux marins peut aussi être liée aux toxines produites par de nombreuses algues responsables des marées rouges. Même si le mode d'élaboration et l'avantage des toxines sont mal connus, elles comptent parmi les poisons naturels les plus mortels du monde. Les toxines varient d'une algue à l'autre. Une pourra causer la mort d'animaux marins après la consommation d'algues en question tandis qu'une autre pourra avoir une incidence indirecte quand la toxine suit les échelons de la chaîne alimentaire. En d'autres mots, la toxine produite par les algues est concentrée par les brouteurs qui n'en meurent pas tandis que les animaux qui se nourrissent de brouteurs deviennent malades ou meurent. Un incident du genre a eu lieu vers la fin novembre 1987 quand 14 rorquals à bosse sont morts dans la baie Cape Cod après avoir mangé du maquereau contenant une toxine produite par une marée rouge (*Alexandrium* sp.) responsable de l'intoxication paralysante par les mollusques chez les êtres humains. Une situation semblable a été observée dans la baie de Fundy en 1976 et 1979 quand des centaines de tonnes de hareng de l'Atlantique sont morts après avoir consommé des organismes qui avaient ingéré des algues productrices de toxines responsables de l'intoxication paralysante par les mollusques. D'autres poissons sont aussi sensibles aux toxines (p. ex., le saumon, la morue, la goberge, le flétan, etc.); il est donc possible que d'autres poissons soient tués au cours d'efflorescences de *Alexandrium*. En 1984, 27 des 35 tonnes de truites arc-en-ciel et de saumons de l'Atlantique gardés dans des installations aquicoles des îles Féroé sont mortes suite à une intoxication paralysante par les mollusques. Toutefois, le poisson n'accumule la toxine que dans l'appareil digestif ou gastrointestinal et non dans les muscles; la commercialisation n'en est donc pas touchée tant que le poisson est éviscéré.

La côte ouest de la Floride est reconnue pour ses fréquentes marées rouges dont certaines sont la cause d'importantes hécatombes de poisson. *Ptychodiscus brevis*, l'organisme responsable, produit une toxine qui semble attaquer le poisson au niveau des branchies. Étant donné que cette algue est très fragile, elle se brise ou se lyse quand elle traverse les feuillets des branchies. La toxine peut ainsi facilement pénétrer dans le système sanguin où elle cause l'éclatement des cellules rouges dont le poisson a besoin pour l'absorption d'oxygène. Des organismes aquatiques autres que le poisson peuvent aussi être touchés comme le révèle cet incident qui a fait la manchette des journaux au printemps de 1989. L'éditorial du *St. Petersburg Times* du 14 avril 1989 rapportait les faits suivants :

> «Jeudi, les plages de Mantanee et de Pinellas étaient généralement libres de poissons morts au moment où les eaux rouges semblent disparaître ... Même si les plages semblent en meilleur état, la situation est grave au Suncoast Seabird Sanctuary où un grand nombre d'oiseaux malades (cormorans) en apparence empoissonnés après avoir consommé du poisson infecté, y sont amenés pour traitement ... Les oiseaux semblent en état d'ébriété ... Ils ne peuvent se tenir sur leurs pattes et se débattent constamment.»

Les algues responsables des eaux rouges en Floride produisent aussi un «gaz» irritant. Lorsque les vents apportent à terre l'écume pulvérisée inodore

provenant des zones affectées par les eaux rouges, les êtres humains souffrent d'une douleur cuisante aux yeux et aux narines, d'une sensation de brûlure dans la gorge et d'une toux symptomatique d'un rhume grave. Ces symptômes ne sont toutefois que temporaires et ne surviennent qu'en présence de vents. La marée rouge décrite dans le *St. Petersburg Times* du 11 avril 1989 a fortement touché l'industrie touristique :

> ... plusieurs vacanciers se sont présentés en salle d'urgence, se plaignant d'affections respiratoires. Depuis au moins 1844, les eaux rouges rejettent des poissons morts sur les plages de la Floride mais à cette époque, ce n'était pas une grosse affaire. La puanteur dégagée par les poissons échoués sur les plages n'est certainement pas pour attirer les milliers de personnes qui vivent à proximité ou qui y passent leurs vacances.»

Comment les eaux rouges peuvent-elles contaminer les mollusques et affecter les consommateurs?

Les organismes responsables des eaux rouges représentent une importante source d'aliments pour de nombreux mollusques filtreurs. Dans plusieurs cas, le mollusque accumule les toxines produites par ces organismes et les emmagasine dans ses tissus. Quoique le mollusque lui-même réagit peu à ces toxines, les animaux vertébrés ou les êtres humains qui les consomment peuvent devenir malades ou mourir. On ne dispose pas de méthodes visuelles — soit externes ou internes — pour l'examen des mollusques afin d'identifier les individus toxiques et non toxiques. Par contre, la toxine ne s'accumule pas dans le muscle ou la chair des pétoncles. Étant donné que c'est la seule partie récoltée dans la plupart des régions du Canada, il n'y a aucun risque pour la santé du grand public.

L'intoxication paralysante par les mollusques (IPM) et l'intoxication diarrhéique par les mollusques (IDM) sont les toxicoses les plus communes. Est venue s'ajouter à celles-ci l'intoxication amnésique par les mollusques (IAM) qui est devenue un problème dans l'est du Canada depuis la fin de 1987.

L'intoxication paralysante par les mollusques :

La première mention de l'IPM au Canada vient du journal de M. Menzies, chirurgien naturaliste attaché à l'expédition du capitaine George Vancouver dans le Pacifique nord-est. Trois membres de l'expédition qui avaient exploré la côte de la Colombie-Britannique avaient supposément mangé des moules bleues. Dans l'entrée du 17 juin 1793, M. Menzies décrit les symptômes typiques de l'IPM :

> «Au matin du 15 juin, il se sont arrêtés pour déjeuner près du fond de la baie où, après avoir ramassé de belles moules sur les rochers et sur le rivage, ils en firent bouillir une certaine quantité ... mais, malheureusement pour eux ... ces moules se sont révélées de qualité douteuse car tous ceux qui en ont mangé une certaine quantité ont été pris, aussitôt rembarqués, de malaises : engourdissement de la bouche, du visage et des bras qui s'est vite répandu à tout le corps, accompagné de vertiges et d'une lassitude générale. Trois membres de l'équipage du Discovery ont ainsi été atteints ... Un d'entre eux, John Carter, a beaucoup vomi et il en fut si soulagé qu'il n'a cessé de ramer jusqu'à une heure quand toute l'équipe s'est arrêtée pour manger; en tentant de descendre de la chaloupe, il était tellement faible et étourdi qu'il s'est écroulé; il a dû être transporté comme les deux autres malades jusqu'au rivage. Voyant ceci, M. Johnstone a immédiatement ordonné qu'on allume un feu et qu'on fasse chauffer de l'eau le plus rapidement possible pour qu'ils puissent en boire une quantité suffisante comme émétique ... mais, avant qu'elle ne soit prête, l'état de John Carter devint très grave ... son pouls s'affaiblit de plus en plus, sa bouche et ses lèvres sont devenues noires tandis que son visage et son cou enflèrent, le tout accompagné d'un engourdissement général, de l'inconscience et de tremblements. Ainsi atteint, il a graduellement sombré vers la mort sans résistance et a rendu l'âme juste au moment où on lui offrait une première gorgée d'eau chaude qu'il n'a pu avaler. Ce triste événement a eu lieu seulement cinq heures après qu'il eût consommé des moules.»

La toxine responsable de l'IPM agit sur la fonction nerveuse et cause la paralysie, d'où la désignation «intoxication paralysante par les mollusques». La mort est généralement le résultat de l'asphyxie ou de la paralysie respiratoire qui apparaît peu de temps après la consommation de mollusques contaminés. Aucun antidote à cette toxine n'a encore été identifié. Dans certains cas, la consommation de quelques moules ou myes s'est révélée mortelle pour les êtres humains. Fait intéressant, les cellules nerveuses des mollusques marins ne sont pas sensibles aux toxines.

Dans les eaux canadiennes, les organismes à l'origine des eaux rouges qui produisent des toxines responsables de l'IMP appartiennent au genre *Alexandrium* (fig. 1) (*Alexandrium* est maintenant le genre reconnu des algues néfastes auparavant appelé *Gonyaulax*/*Protogonyaulax*/*Alexandrium* et *Gessnerium*). Les toxines responsables de l'IMP sont présentes dans presque tous les coins du monde. Sur la côte canadienne du Pacifique, les organismes concernés sont *Alexandrium catenella* et *A. acatenella* tandis que sur la côte de l'Atlantique, ses cousines *A. tamarense* et *A. fundyense* sont les coupables. On a signalé des eaux rouges un peu partout au Canada : sur la côte du Pacifique, tout le long du littoral de la Colombie-Britannique (fig. 2) et sur la côte de l'Atlantique (fig. 2) dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, le golfe du Saint-Laurent, la baie des Chaleurs, la baie de Fundy et certains secteurs isolés de Terre-Neuve. Quoique l'eau est rarement colorée, ces organismes prolifèrent généralement chaque année sur les deux côtes du Canada et entraînent la fermeture de nombreux secteurs à la récolte des mollusques. Au cours des dernières années, l'intensité

FIG. 1. Dessin de *Alexandrium fundyense*, microorganisme responsable de l'intoxication paralysante par les mollusques dans les eaux de l'Atlantique canadien (illustration de D. Beatty).

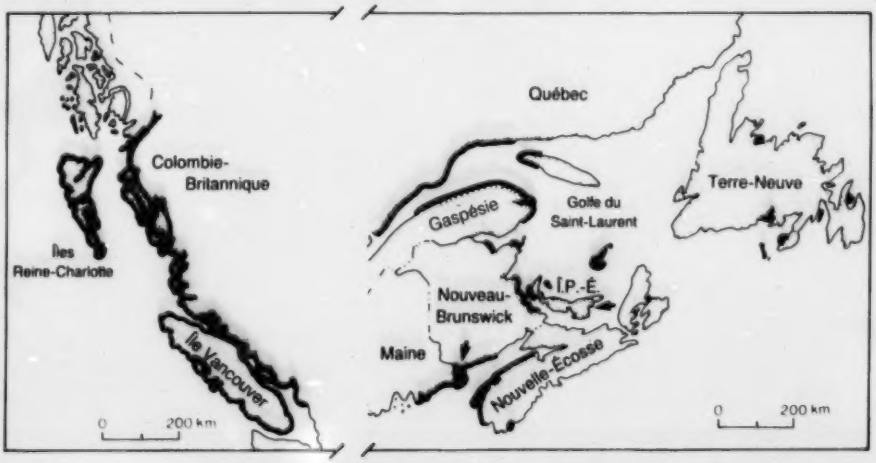


FIG. 2. Zones de contamination de mollusques par les algues toxiques sur les côtes est et ouest du Canada. Les zones foncées sont celles touchées par les toxines paralysantes des mollusques. Les secteurs de récolte de mollusques de la côte est, indiqués par des flèches, ont été contaminés par l'acide domoïque.

des efflorescences de *Alexandrium* en Colombie-Britannique n'a pas changé tandis que sur la côte de l'Atlantique, de nouveaux secteurs sont venus s'ajouter à la liste des endroits déjà touchés par les eaux rouges : Terre-Neuve, le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse et le golfe du Saint-Laurent. Depuis 1980, certains secteurs de récolte des mollusques de la baie de Fundy qui ne faisaient que l'objet de fermetures saisonnières sont demeurés fermés à la récolte toute l'année à cause de teneurs inacceptables de toxines dans les tissus de mollusques.

Intoxication diarrhéique par les mollusques

L'intoxication diarrhéique par les mollusques (IDM) est un empoisonnement récemment décrit qui implique l'ingestion de mollusques contaminés de toxines par les êtres humains. Celles-ci peuvent être produites par l'une des espèces du genre *Dinophysis* qui peut causer des eaux rouges (fig. 3). Aucune coloration de l'eau par cet organisme n'a été mentionnée. La plupart des cas d'IDM ont été signalés au Japon et en Europe; comme ces organismes sont toutefois cosmopolites, le nombre de cas d'IDM signalés pourrait augmenter à cause d'une plus grande sensibilisation à ce phénomène. De nombreux pays, y compris le Canada, le Chili, le Danemark, la France, l'Irlande, le Japon, les Pays-Bas,

la Nouvelle-Zélande, la Norvège, l'Espagne, la Suède, la Thaïlande et les États-Unis, mènent actuellement des études scientifiques ou surveillent étroitement la situation à cause d'épisodes confirmés ou soupçonnés d'IDM.

La désignation «Intoxication diarrhéique par les mollusques» indique bien le principal symptôme de l'empoisonnement. En plus d'une diarrhée qui peut varier de bénigne à grave, de nombreuses personnes souffrent de nausées, de vomissements, de douleurs et de crampes abdominales et parfois de frissons. Jusqu'à maintenant, aucun décès résultant de l'ingestion de mollusques contaminés de toxines responsables de l'IDM n'a été signalé. On note généralement un rétablissement trois jours après l'intoxication.

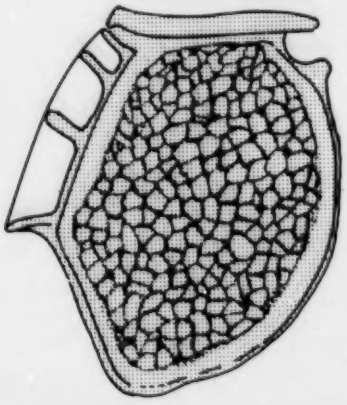


FIG. 3. *Dinophysis* sp., microorganisme responsable de l'intoxication diarrhéique par les mollusques.

Intoxication amnésique par les mollusques

Avant la fin de 1987, les organismes de surveillance canadiens ne s'inquiétaient que de l'organisme responsable des eaux rouges et producteur des toxines causant l'intoxication paralysante par les mollusques. La partie sud du golfe du Saint-Laurent, y compris l'Île-du-Prince-Édouard, n'avait jamais été mentionnée comme source de mollusques accumulant des toxines dans leurs tissus. On la croyait l'endroit idéal pour la culture de bivalves. Tout cela changea en novembre et en décembre 1987 quand des moules de plusieurs estuaires sont devenues toxiques après une efflorescence d'une microalgue qui, jusqu'à ce moment, n'était pas connue comme productrice de toxine. Environ 150 empoisonnements ont été confirmés et 3 personnes sont mortes à cause de cette nouvelle toxine qui jusqu'alors n'avait pas été signalée chez des mollusques. Les symptômes de l'intoxication amnésique par les mollusques (IAM) comprennent des réactions gastriques (dans les 24 heures) et neurologiques comme l'étourdissement, le vertige et la perte de mémoire (dans les 48 heures). Plusieurs mois plus tard, un certain nombre des personnes de plus de 40 ans qui

FIG. 4. Dessin de *Nitzschia pungens* forme *multiseriata*, un des organismes producteurs de l'acide domoïque dans le secteur est de l'Île-du-Prince-Édouard.

avaient été empoisonnées montraient encore des symptômes neurologiques et une perte de mémoire à court terme. L'acide domoïque responsable de ces empoisonnements se lie à diverses zones du cerveau et cause des pertes de mémoire. Les organismes de la partie sud du golfe du Saint-Laurent qui produisent de l'acide domoïque sont soit des algues planctoniques (*Nitzschia pungens* forme *multiseriata*) (fig. 4) ou benthiques (*Amphora coffaeformis*). En 1988, on a aussi relevé la présence d'acide domoïque chez les myes et les moules du sud du Nouveau-Brunswick. Dans ce cas, l'organisme responsable est *Nitzschia pseudodelicatissima*, une espèce de plus petite taille.

Comment détermine-t-on la présence de toxines chez les mollusques?

La mise sur le marché de mollusques libres de toxines relève essentiellement d'organismes de réglementation (généralement gouvernementaux) et, à un moindre degré, des exploitants et des transformateurs. Le danger que pose l'IPM, l'IDM et l'IAM pour la santé publique et l'industrie a imposé la mise sur pied de programmes de surveillance des mollusques dans les pays où les mollusques accumulent les toxines produites par des organismes marins responsables des eaux rouges. Ces programmes de surveillance dépendent de la disponibilité de moyens rapides et précis de quantification des diverses toxines présentes dans les tissus de mollusques. Le programme canadien de surveillance des mollusques, considéré l'un des meilleurs au niveau mondial, existe depuis 1943. D'autres pays ont mis sur pied des programmes semblables. Sur les côtes est et ouest du Canada, les mollusques sont régulièrement échantillonnés à des endroits choisis mais l'échantillonnage sur la côte du Pacifique est plus difficile étant donné que de nombreux sites sont fort éloignés des centres peuplés. Ces sites ont été choisis en fonction d'une surveillance étroite des secteurs coquilliers touchés et de données sur la toxicité recueillies à ces endroits. Les inspecteurs du poisson ou d'autres employés désignés du ministère des Pêches et des Océans recueillent des échantillons dans toutes les zones touchées par des toxines marines. On obtient des extraits des mollusques recueillis au laboratoire d'inspection locale ou au laboratoire voisin du ministère des Pêches et des Océans où l'on effectue des analyses afin d'établir la présence de toxines. Si les résultats révèlent un niveau de toxicité supérieur à la limite pour une toxine particulière, les secteurs touchés sont fermés à la récolte (fig. 5).

L'essai sur souris, la seule méthode actuellement approuvée par l'Organisation mondiale de la santé pour l'analyse des toxines marines, comprend l'injection d'extraits de tissus de mollusques dans des souris et l'observation pour l'apparition de symptômes d'empoisonnement. L'essai sur souris donne une

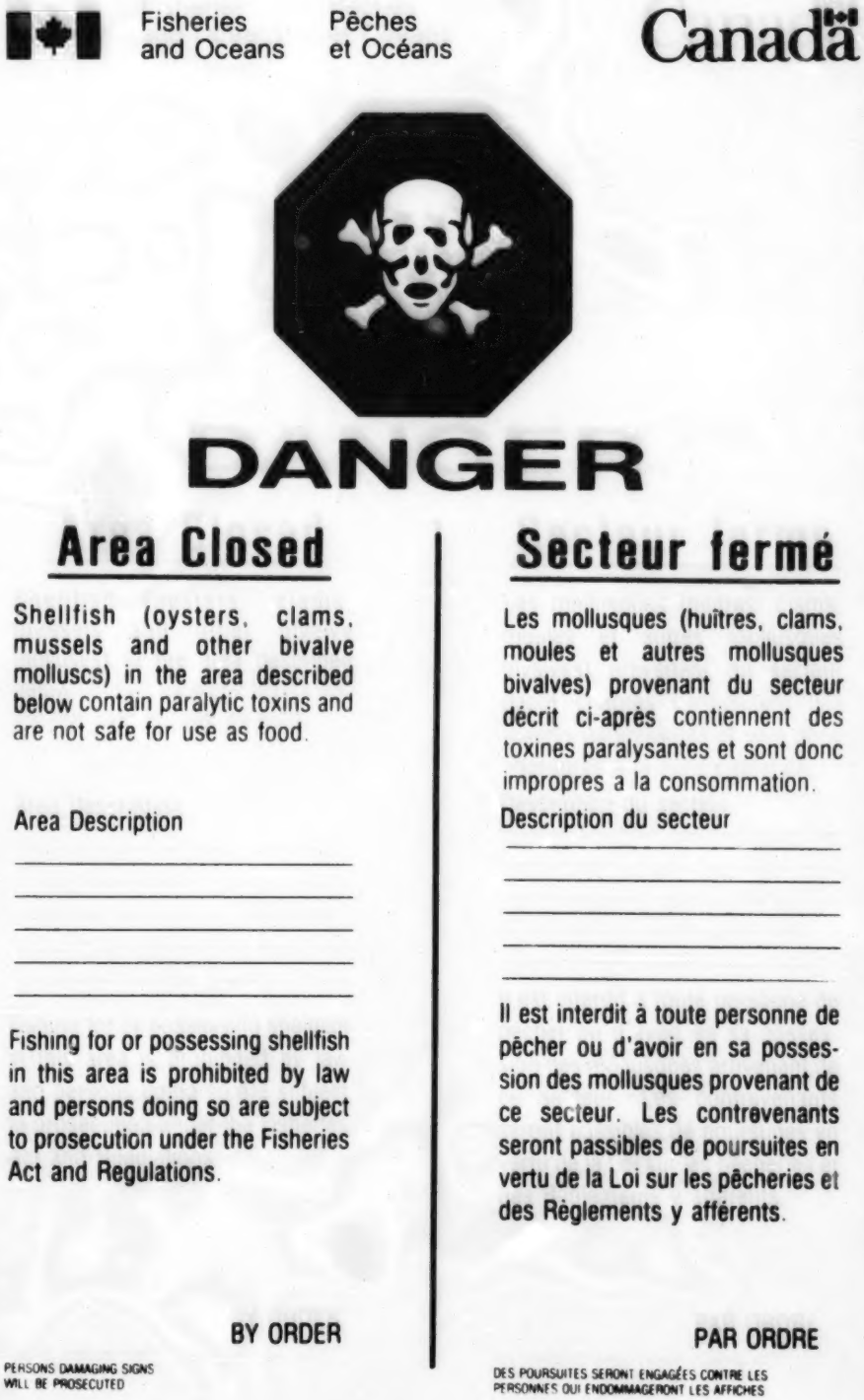


FIG. 5. Affiche informant le public de la fermeture d'une zone coquillière à cause de la présence de toxines paralysantes produites par les microorganismes des eaux rouges.

valeur de la «toxicité totale» car il n'est pas sensible à une toxine particulière et révèle la présence des toxines responsables de l'IPM, de l'IDM et de l'IAM ou de toute autre toxine présente dans un échantillon. L'essai sur souris peut indiquer que des études plus poussées sont nécessaires. Ainsi, la présence de l'acide domoïque dans les moules de l'est du Canada a été identifiée vers la fin de 1987. Il n'existait aucun programme de surveillance dans l'Île-du-Prince-Édouard étant donné qu'aucun cas de mollusques toxiques n'avait été signalé dans cette région. Une fois le lien établi entre les maladies et les moules toxiques, des extraits de moules ont immédiatement été analysés et, même si les premiers tests n'ont pas révélé la présence de toxines responsables de l'IPM, les souris avaient un comportement anormal et sont éventuellement mortes. On avertit donc le grand public de ne pas manger les moules provenant de ce secteur. Le ministère des Pêches et des Océans a arrêté tous les envois de mollusques des transformateurs enregistrés et a fermé tous les secteurs de récolte. D'autres analyses ont révélé que la toxine était produite par des organismes responsables des eaux rouges.

Quoique l'essai sur souris soit utile et polyvalent, il comporte plusieurs désavantages. Il peut être très coûteux, nécessite l'entretien d'un grand nombre de souris en plus d'être laborieux. De plus, certains pays européens sont en voie de proscrire l'utilisation d'animaux vivants dans ce genre d'analyse. De nouvelles techniques analytiques sont encore à l'état embryonnaire; toutefois, elles promettent d'être plus rapides, plus sensibles et plus précises. Des techniques de séparation comme la chromatographie liquide à haute performance peuvent séparer les toxines et permettre une meilleure compréhension de leur distribution dans le milieu naturel ainsi que des facteurs biochimiques et chimiques concernés. Des chercheurs canadiens et japonais travaillent actuellement à la mise au point de tests immunologiques qui serviront à déterminer si les teneurs en toxines responsables de l'IDM et de l'IPM sont supérieures au niveau réglementaire accepté pour les mollusques.

De concert avec certains des programmes de surveillance des mollusques menés au Canada, on effectue des relevés du phytoplancton. À l'heure actuelle, ces relevés constituent surtout un outil de recherche qui nécessite du personnel très qualifié pour l'identification et la quantification des espèces de phytoplancton. Dans certains cas, la surveillance du phytoplancton peut servir comme un indicateur d'alerte initiale pour certaines poussées algales néfastes. Ces études permettent aussi d'obtenir des données de référence pour les zones salmonicoles.

Que fait-on pour lutter contre les eaux rouges?

L'histoire des eaux rouges, catastrophiques ou non, remonte loin et elles font partie du grand dessein de la nature. Toutefois, leur apparition semble de plus en plus fréquente à l'échelle mondiale au cours des dernières années. On peut se demander si cette augmentation est réelle ou le résultat d'une surveillance plus étroite et, si elle est réelle, quelles en sont les causes. La pollution côtière est-elle plus répandue et a-t-elle une incidence sur les proliférations phytoplanctoniques? La réponse à ces questions n'est pas facile. Les scientifiques cherchent des explications. Ceux qui se penchent sur l'étude des eaux rouges disposent de meilleures données obtenues par l'échange international de connaissances scientifiques. Ils disposent aussi de meilleurs moyens analytiques pour la détection des toxines individuelles. Ils tentent de déterminer si la pollution côtière stimule l'apparition des eaux rouges et si l'utilisation des eaux côtières pour la conchyliculture et la pisciculture entraîne un enrichissement des eaux provenant des aliments ou des produits excrétés. De plus, des chercheurs étudient la théorie

selon laquelle une exploitation aquicole pourrait porter plus d'attention à un organisme toxique. Ceci peut avoir été le cas dans le golfe du Saint-Laurent où il existe peut-être une relation entre la présence de l'acide domoïque et l'industrie mytilicole.

Toutefois, la propagation des eaux rouges ne peut être blâmée entièrement sur l'altération de l'environnement littoral par l'homme. Les courants, les marées ou tout autre important déplacement d'eau jouent certainement une part importante dans la dispersion des organismes. Ces mécanismes de transport sont aussi l'objet d'études. L'apparition de l'intoxication paralysante par les mollusques dans les Îles de la Madeleine, le nord-est du Nouveau-Brunswick et l'ouest de l'Île-du-Prince-Édouard en 1988, des endroits où aucun cas n'avait été signalé, révèle la propagation des organismes responsables. Ils étaient peut-être présents depuis longtemps à faible concentration mais les conditions n'étaient pas idéales pour leur prolifération. Il se peut aussi que des cellules aient été transportées de l'estuaire du Saint-Laurent ou d'autres régions par les masses aqueuses ou par d'autres moyens de dispersion.

Il est possible que des secteurs soient contaminés par des kystes dormants ou des spores résistants de microalgues (responsables des eaux rouges) présents dans les eaux de lest de gros navires de charge ou dans les mollusques faisant l'objet d'un transfert de stocks entre régions. Afin de réduire au minimum le transport d'algues toxiques ou nuisibles d'une région à l'autre, la plupart des pays interdisent le transport de stocks de mollusques d'une région à l'autre et, si le transport est permis, les mollusques doivent avoir été déclarés sains et les eaux et sédiments d'où ils ont été prélevés doivent n'avoir pas été contaminés d'organismes nuisibles ou producteurs de toxines. Ainsi, l'intoxication paralysante par les mollusques a été mentionnée en Tasmanie du Sud pour la première fois en 1980 et deux personnes ont été intoxiquées en 1986. On a relevé la présence de spores dans les sédiments provenant des ballasts de bateaux japonais accostant dans les ports tasmaniens. Comme première mesure, on a promulgué une loi selon laquelle les bateaux en route vers la Tasmanie doivent échanger leurs eaux de lest au milieu de l'océan.

D'importants programmes de surveillance existants dans de nombreux pays suivent les efflorescences phytoplanctoniques et l'accumulation de toxines. Ces programmes sont constamment élargis et modifiés afin d'assurer la sécurité des produits de consommation. Au besoin, certains secteurs de récolte des mollusques sont fermés en permanence tandis que d'autres font l'objet de fermeture temporaire. Depuis 1980, plusieurs importants secteurs de récolte de la baie de Fundy ont été fermés toute l'année à cause de teneurs inacceptables en toxines de l'IPM. On a effectué des études afin de déterminer pourquoi ces mollusques ne peuvent se débarrasser des toxines accumulées après le passage des efflorescences phytoplanctoniques. On tente de déterminer si ces mollusques sont différents au niveau biologique de ceux présents dans d'autres secteurs.

Les mollusques peuvent conserver leur charge de toxines pendant des périodes variables selon l'organisme concerné, la charge en toxines, le secteur et le temps de l'année. La décontamination ou dépuration des mollusques permettraient de les commercialiser. Il existe déjà, depuis un certain temps, des usines de nettoyage des mollusques. Bien que les mollusques contaminés par la toxine de l'IPM s'épurent s'ils se trouvent dans de l'eau de mer non contaminée, ce processus est trop long pour être rentable. Par contre, les moules contaminées d'acide domoïque s'épurent en quelques jours dans un milieu propre.

Les recherches se poursuivent sur la mise au point de dosages—chimiques et immunologiques pour la quantification des teneurs en toxines. Le dosage immunologique mis au point pour la détection de l'IPM promet comme méthode diagnostique rapide. Quoiqu'elle soit coûteuse et encore expérimentale, cette méthode est simple et permet de déterminer rapidement la toxicité.

Comme on l'a déjà mentionné, les eaux rouges semblent se répandent. Les secteurs touchés, la fréquence, l'ampleur et le nombre d'organismes impliqués

s'intensifient dans le monde entier. Nous avons encore beaucoup à apprendre sur les eaux rouges même si les recherches se poursuivent dans de nombreux laboratoires à travers le monde et que plusieurs des mystères qui les entourent ont été éclaircis au cours des dernières années. Par exemple, certaines des études en cours portent sur les causes de l'augmentation des efflorescences, soit par la pollution côtière ou par des changements environnementaux naturels, les mécanismes responsables des efflorescences, la captation des toxines et leurs effets sur les mollusques et d'autres membres de la chaîne alimentaire, la télédétection des efflorescences phytoplanctoniques, etc. On tente aussi de déterminer les liens qui existent entre les bactéries et la production de toxines chez certains organismes responsables des eaux rouges. Les séries chronologiques à long terme sur la toxicité des mollusques et les efflorescences phytoplanctoniques se révèlent essentielles à l'établissement des régimes ou des tendances qui peuvent être utilisés pour la modélisation et la prédiction des efflorescences comme dans la baie de Fundy. D'après ces séries chronologiques qui remontent à 1943, on a déterminé que l'intensité des efflorescences de *Alexandrium* liées à la toxicité des mollusques fait l'objet d'un cycle de marée de 18,6 années. De nombreux pays recueillent actuellement des données afin d'établir des bases de données semblables. Les eaux de lest des navires et d'autres moyens de dispersion des organismes, comme les courants, les fronts météorologiques et le déplacement des masses aqueuses, font l'objet d'études. On tente d'approfondir nos connaissances sur les incidences des eaux rouges sur les mammifères et les poissons marins étant donné qu'ils semblent plus touchés au cours des dernières années. Les scientifiques se préoccupent surtout de l'étude de toutes les espèces d'algues étant donné que certains organismes qui, jusqu'à maintenant, n'étaient pas considérés comme une menace se sont révélés responsables d'intoxications comme la récente poussée de *Chrysochromulina polylepis* en Scandinavie, la marée brune aux États-Unis et l'intoxication amnésique par les mollusques au Canada.

De nombreux coins du monde souffrent toujours des répercussions des eaux rouges. Bien que les efforts de recherche aient augmenté au cours des dernières années, nous n'avons pas encore trouvé une solution au problème.

Lectures recommandées

Anderson, D. M., A. W. White et D. G. Baden [éd.] 1985. *Toxic Dinoflagellates. Proceedings of the third international conference on toxic dinoflagellate.* Elsevier, New York, NY. 561 p.

Graneli, E., D. M. Anderson, L. Edler et B. Sunström [éd.] 1990. *Toxic Marine Phytoplankton. Proceedings of the fourth international conference on toxic phytoplankton.* Elsevier, New York, NY.

LoCicero, V. R. [éd.] 1975. *Proceedings of the first international conference on toxic dinoflagellate blooms.* Massachusetts Science and Technology Foundation, Wakefield, MA., 541 p.

Okaichi, T., D. M. Anderson et T. Nemoto [éd.]. 1989. *Red tides: biology, environmental science and toxicology.* Elsevier, New York, NY, 489 p.

Shumway, S. E. [éd.]. 1988. *Toxic algal blooms: hazards to shellfish and industry.* J. Shellfish Res. 7: 587-705.

Taylor, D. S. et H. H. Seliger. 1979. *Toxic dinoflagellate blooms. Proceedings of the second international conference on toxic dinoflagellate blooms.* Elsevier, North Holland, NY, 505 p.

Les fiches d'information du **monde sous-marin** sont de courts comptes rendus illustrés sur les ressources des pêches et les phénomènes du monde marin, préparés tant pour renseigner que pour éduquer le public. On y trouve une bonne description du cycle de vie, de la distribution géographique, de l'état et de l'exploitation des stocks de poissons, des mollusques, des crustacés et des autres organismes vivants du monde marin, ainsi que des renseignements sur l'origine et les effets de phénomènes ou de réactions du monde marin.

Dans la même série :

L'aiglefin
L'aiguillat commun
L'alose savoureuse
L'anguille d'Amérique
Le calmar
Le capelan
Les Cétacés du Canada
La chasse du phoque — perspective canadienne
Les concombres de mer
Le crabe des neiges de l'Atlantique
Le crabe dormeur
Les crabes de la côte atlantique du Canada
La crevette nordique
Le doré
L'éperlan arc-en-ciel
Espèces choisies de crevettes de la Colombie-Britannique
Espèces choisies de poissons d'eau douce
Le flétan de l'Atlantique
Le gaspareau
La Goberge
Le grenadier de roche
La grosse poule de mer
Le hareng de l'Atlantique
Le hareng du pacifique
Le homard
L'huître américaine
Le lançon
La limande à queue jaune
Le maquereau bleu
La merluche blanche
La Merluche-écureuil
Les méthodes de pêche de l'Atlantique
Mollusques et crustacés de l'Atlantique
La morue franche
La morue-lingue
La mousse d'Irlande
La mye
Les œufs et les larves de poissons marins
L'omble chevalier
L'oursin vert
Les pétoncles
Le phoque à capuchon
Le phoque commun
Le phoque gris
Le phoque du Groenland
La plie canadienne
La plie grise
La plie rouge
Les poissons de fond de l'Atlantique
Les poissons pélagiques et diadromes de l'Atlantique
La Raie épineuse et raie lisse
Le saida
Le saumon de l'Atlantique
Le saumon du Pacifique
Les scorpènes
Le sébaste
Le thon rouge
Le touladi
Truites des provinces de l'Atlantique
Le turbot du Groenland

Publié par :

Direction générale des communications
Ministère des Pêches et des Océans
Ottawa (Ontario)
K1A 0E6

MPO/4331 MS/1

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1990
N° de cat. Fs 41-33/1-1990F
ISBN 0-662-95732-6

Also available in English